Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 3, Fall. 2018, p. 629-640

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۶۴۰-۶۲۹

اثر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط دیم

کامران احمدی[1]- مجید رستمی[2]*- سعید رضا حسین زاده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۵

چکیده

کمبود آب یکی از عوامل اصلی محدودکننده‌ی رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک محسوب می‌شود. شواهد متعددی در زمینه اثر مثبت متانول بر خصوصیات رشدی گیاهان سه کربنه در شرایط تنش خشکی وجود دارد. به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دو رقم کلزا در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در شهرستان لالی استان خوزستان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم کلزا (هایولا ۴۰۱ و دلگان) و چهار سطح محلول‌پاشی متانول (شاهد، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی) بودند. هم‌زمان با مرحله ساقه رفتن محلول‌پاشی در دو نوبت و با فاصله ۱۰ روز روی قسمت‌های هوایی بوته‌های کلزا انجام شد. بر اساس نتایج اثر تیمار محلول‌پاشی متانول و همچنین اثر رقم بر ارتفاع بوته کلزا، تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود. رقم هایولا ۴۰۱ از نظر کلیه صفات مورد بررسی به غیر از وزن هزار دانه نسبت به رقم دلگان برتری داشت. بیشترین تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی در تیمار محلول‌پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد مشاهده شد که به‌ترتیب ۸، ۸، ۱۲، ۱۹ و ۲۸ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه کلزا، عملکرد زیستی و شاخص برداشت دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه کلزا (۱۱۱۴ کیلوگرم در هکتار) در رقم هایولا ۴۰۱ و در شرایط محلول‌پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی مشاهده شد و کمترین عملکرد دانه (۷۸۵ کیلوگرم در هکتار) در رقم دلگان و در تیمار شاهد مشاهده شد. محلول‌پاشی متانول در هر دو رقم باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شد، با این‌حال بیشترین اثرات مثبت در تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ درصد مشاهده شد و در غلظت بالاتر به دلیل اثرات سمیت احتمالی تا حدودی از اثرات مثبت محلول‌پاشی متانول کاسته شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص برداشت، عملکرد زیستی، گیاهان زراعی

مقدمه

محققان برای کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی به دنبال اتخاذ راهکارهایی مناسب می‌باشند. بیشتر راهکارها در جهت کاهش تعرق و کاهش تنفس نوری و افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در گیاه است که در نهایت موجب تثبیت عملکرد گیاهان در شرایط خشکی می‌شود. تحقیقات متعددی در زمینه اثرات مفید کاربرد متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی انجام شده است (Hosseinzadeh *et al*., 2011; Taherabadi *et al*., 2015). تأثیر مثبت کاربرد متانول بیشتر در گیاهانی که مسیر فتوسنتزی سه کربنه دارند مشاهده شده است و محلول‌پاشی متانول در این گیاهان می‌تواند سبب افزایش عملکرد به‌ویژه در شرایط تنش شود (Hanson and Roje, 2001). از آنجا که در شرایط مزرعه با افزایش دمای هوا و شدت نور تنفس نوری افزایش می‌یابد، محلول‌پاشی متانول می‌تواند با کاهش تنفس نوری زمینه‌ی رشد گیاه را فراهم نماید. با توجه به اینکه ۲۵ درصد از کربن گیاه صرف تنفس نوری می‌شود با استفاده از محلول‌پاشی متانول می‌توان مقدار تنفس نوری را به حداقل رساند. علت این امر جذب متانول در گیاه و متابولیزه شدن سریع آن به دی‌اکسید کربن در بافت‌های گیاهی بوده است که ناشی از کوچکی مولکول‌های متانول نسبت به دی‌اکسید کربن است (Galbally and Kirsttine, 2002).

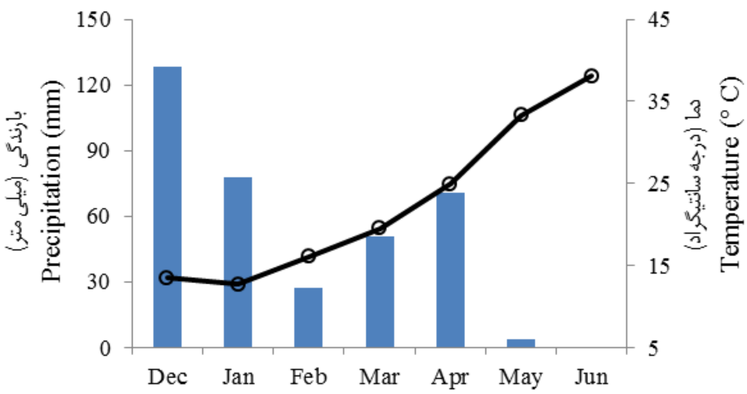
۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه ملایر
۲- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر
۳- مدرس، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌النبیاء
(*- نویسنده مسئول: Email: majidrostami7@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i3.69265

محلول‌پاشی با متانول همچنین می‌تواند سبب افزایش آسیمیلاسیون نیتروژن شود (Abanda-Nkpwatt *et al.*, 2006). افزایش میزان نیتروژن می‌تواند زمینه‌ساز افزایش اندازه و تعداد برگ و تا حدود زیادی افزایش مقدار نور جذب‌شده شود (Muchow, 1990). گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش قابل‌توجه فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در بعضی از گیاهان شده است (Ivanova *et al.*, 2001). محلول‌پاشی متانول همچنین با تأثیر روی اتیلن باعث تأخیر پیری در برگ‌ها می‌شود که این امر می‌تواند طول دوره‌ی فتوسنتز فعال گیاه را افزایش دهد (Ramírez *et al.*, 2006). نتایج برخی از پژوهش‌هایی که در ارتباط با اثر مثبت محلول‌پاشی متانول بر رشد و عملکرد گیاهان صورت گرفته است، نشان داده که استفاده از متانول روی بوته‌هایی که تحت شرایط کمبود کمبود آب هستند، باعث افزایش زیست‌توده آن‌ها می‌گردد، در حالی‌که کاربرد متانول برای گیاهان زراعی در شرایط عدم تنش حتی ممکن است اثرات منفی داشته باشد (Zbieć and Podsiad, 2003).

گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش میزان تثبیت دی‌اکسید کربن و به دنبال آن افزایش تعداد برگ، تعداد نیام در ساقه اصلی، وزن صد دانه و عملکرد دانه گیاه لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) هم در شرایط طبیعی و هم در شرایط تنش خشکی می‌شود (Emartpardaz *et al.*, 2015). بنابر نظر برخی از پژوهشگران مهم‌ترین ویژگی و مزیت کاربرد متانول، جلوگیری و کاهش اثر تنش‌های القاء شده به گیاهان زراعی در اثر انجام تنفس نوری در آن‌ها است (Nonomura and Benson, 1992). بر روی برگ بسیاری از گیاهان باکتری‌هایی همزیست به نام باکتری‌های متیلوتروف زندگی می‌کنند. این باکتری‌ها در ازای دریافت متانول که از برگ گیاه خارج می‌شود، پیش ماده ساخت بعضی از هورمون‌ها مانند اکسین و سایتوکینین که در رشد و توسعه برگ‌ها نقش بسیار مهمی دارند را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و این باکتری‌ها بر متابولیسم نیتروژن در گیاهان نیز از طریق تولید اوره‌آز باکتریایی در ارتباط می‌باشند، بنابراین در گیاهان محلول‌پاشی شده با متانول آسیمیلاسیون نیتروژن افزایش می‌یابد (Abanda-Nkpwatt *et al.*, 2006). کلزا یکی از گیاهان دانه روغنی سه کربنه است که در مناطق مختلف کشور کاشت می‌شود. از آنجا که در بسیاری از مناطق کاشت کلزا در استان خوزستان عملکرد این گیاه به دلیل تنش‌های گرما و خشکی کاهش می‌یابد، آزمایش حاضر با هدف مطالعه اثر غلظت‌های مختلف متانول بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی از صفات مورفولوژیک دو رقم کلزا تحت شرایط دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یکی از مزارع کلزای شهرستان لالی واقع در شمال غربی استان خوزستان (عرض جغرافیایی '۲۰ °۳۲ شمالی، طول جغرافیایی '۶ °۴۹ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۳۵۰ متر و متوسط بارندگی سالیانه ۳۵۰ میلی‌متر) به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. وضعیت بارندگی و همچنین میانگین دمای ماهانه در طول دوره انجام آزمایش در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- بارش ماهانه و میانگین دمای منطقه در طول فصل رشد

Figure 1- Monthly precipitation and average temperature of region during the growth season

تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم هایولا ۴۰۱ و دلگان و چهار سطح محلول‌پاشی متانول (شاهد، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی) بودند. کشت پس از آماده‌سازی زمین توسط گاوآهن قلمی و دیسک توسط دستگاه عمیق‌کار در ۲۰ آذرماه صورت گرفت. میزان بذر استفاده‌شده در زمان کاشت ۱۰ کیلوگرم در هکتار و بذور در عمق دو تا سه سانتی‌متری خاک قرار داده شدند و به‌عنوان کود پایه از کودهای اوره،

فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم هرکدام به‌ترتیب ۵۰، ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. پس از سبز شدن بوته‌ها و در طول فصل رشد دو مرتبه از کود سرک اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. خلاصه مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه‌شده است. در هر کرت آزمایشی ۸ ردیف کاشت با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و طول ۶ متر در نظر گرفته شد. بین کرت‌های مجاور یک متر و بین بلوک‌ها دو متر فاصله در نظر گرفته شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Selected physico-chemical characteristics of soil

pH اسیدیته	EC هدایت الکتریکی	K پتاسیم	P فسفر	N نیتروژن	بافت خاک
	(dS m^{-1})	(mg kg^{-1})		(%)	Soil texture
7.7	2.1	279	21	0.12	لوم شنی Sandy-loam

محلول‌پاشی بوته‌های کلزا دو بار در مرحله ساقه رفتن و به فاصله ده روز نسبت به یکدیگر انجام گرفت. برای انجام محلول‌پاشی از سم‌پاش موتوری پشتی استفاده شد که دارای حجمی معادل ده لیتر بود و سعی شد تا نازل سم‌پاش در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بالای بوته‌های قرار داده شود. محلول‌پاشی در ساعات خنک بعد از ظهر در روزهای تعیین‌شده انجام شد. قبل از برداشت بوته‌ها از هر کرت تعداد سه بوته برای تعیین ارتفاع و تعداد شاخه جانبی برداشت شد. برای اندازه‌گیری تعداد خورجین در بوته، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد خورجین‌های هر بوته را شمارش کرده و میانگین به‌دست آمده به‌عنوان تعداد خورجین در بوته گزارش شد و سپس از هر بوته ۲۰ خورجین برداشت شد و پس از شمارش تعداد دانه‌های موجود در خورجین‌ها میانگین به‌دست آمده به‌عنوان تعداد دانه در هر خورجین در نظر گرفته شد. در پایان فصل و هم‌زمان با رسیدگی محصول با رعایت اثر حاشیه‌ای از مساحت یک متر در وسط هر کرت بوته‌های کلزا به‌صورت کامل برداشت شدند و وزن خشک کل به‌عنوان عملکرد زیستی ثبت شد. در مرحله بعد تعدادی از بوته‌ها برای تعیین اجزای عملکرد استفاده شد و در پایان نیز با جداسازی کامل دانه‌ها عملکرد دانه مشخص شد. در هر کرت یک نمونه بذر گرفته شد و پس از جداسازی بقایا و پوسته‌های بذر، ۱۰۰۰ عدد بذر به‌صورت تصادفی انتخاب و وزن آن‌ها تعیین شد. شاخص برداشت دانه که بیانگر سهم انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به دانه است نیز با تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیستی محاسبه و برحسب درصد گزارش شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و شکل‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده اثر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع بوته کلزا در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد و بیشترین ارتفاع بوته در تیمار محلول‌پاشی ۱۰ درصد متانول مشاهده شد که حدود ۱۹ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. از لحاظ ارتفاع بوته بین تیمار محلول‌پاشی ۵ و ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). ارقام موردمطالعه ازنظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ولی ارتفاع بوته در رقم هایولا ۴۰۱ به میزان اندکی بیشتر از رقم دلگان بود.

با افزایش غلظت متانول تا سطح ۱۰ درصد حجمی ارتفاع بوته به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کردند که متانول می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های رشدی گیاهان مختلف شود. با توجه به اینکه آزمایش در شرایط دیم اجرا شده است تنش خشکی باعث آسیب به گیاه شده است، ولی محلول‌پاشی باعث مقابله با این اثرات منفی شده است. گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول با غلظت ۲۰ درصد روی بوته‌های گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) باعث شد که ارتفاع بوته به بیشترین میزان برسد (Rowe *et al*., 1994). به نظر می‌رسد که واکنش گیاه به کاربرد متانول به عوامل متعدد ازجمله نوع گیاه بستگی دارد زیرا در شرایطی که در آزمایش حاضر در غلظت بالاتر از ۱۰ درصد به‌تدریج میزان واکنش مثبت ارتفاع گیاه کاهش یافت درصورتی‌که پژوهشگران دیگر بیشترین ارتفاع بوته در گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) را در شرایط کاربرد متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی مشاهده کردند و علت این موضوع را آسیمیلاسیون بیشتر کربن در رقابت بیشتر گیاهان برای دریافت نور بیان کردند (Makhdum *et al*., 2002). نتایج این آزمایش با نتایج میرآخوری و همکاران (Mirakhori *et al*., 2011) مطابقت داشت. این پژوهشگران با بررسی اثر محلول‌پاشی متانول روی گیاه سویا (*Glycine max* L.) به این نتیجه رسیدند محلول‌پاشی متانول تا سطح ۲۸ درصد حجمی باعث افزایش ارتفاع گیاه گردید ولی افزایش مقدار کاربرد متانول تا سطح ۳۵ درصد حجمی بر بسیاری از صفات مورد مطالعه گیاه از جمله ارتفاع بوته تأثیر منفی داشت و باعث شد ارتفاع بوته حتی در مقایسه با شاهد نیز کاهش یابد. به عقیده این محققان غلظت‌های بالای متانول به دلیل اثرات سمیت موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Mirakhori *et al*., 2011).

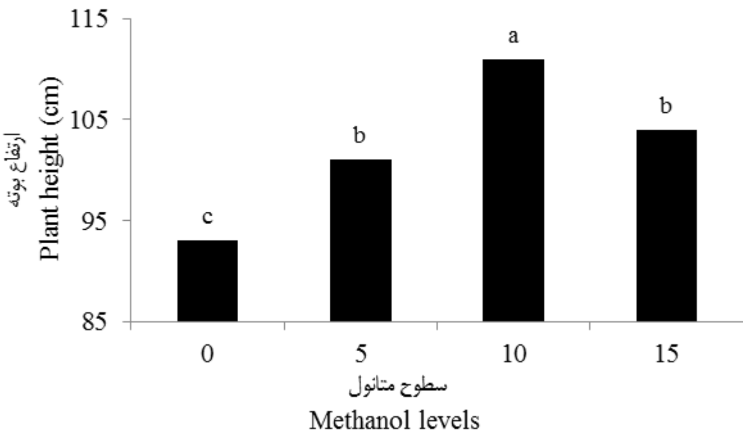
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف کلزا تحت تأثیر رقم، محلول‌پاشی متانول و برهمکنش آن‌ها

Table 2- Analysis of variance (mean square values) of investigated traits

منابع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **d.f**	ارتفاع بوته **Plant height**	تعداد شاخه جانبی **Lateral branches**	تعداد دانه در خورجین **Seeds in pod**	تعداد خورجین در بوته **Pods in plant**	وزن هزار دانه **1000 seeds weight**	عملکرد زیستی **Biological yield**	شاخص برداشت **Harvest index**	عملکرد دانه **Seed yield**
تکرار Replication	3	27.12^{ns}	0.0204^{ns}	0.167 ^{ns}	1.125 ^{ns}	0.032 ^{ns}	10179 ^{ns}	0.151 ^{ns}	13 ^{ns}
رقم Cultivar	1	228.1^{ns}	0.735*	3.3 **	160.1 **	0.0204 ^{ns}	495938**	9.68 **	80620**
خطای a Error a	3	26.54	0.048	0.04	1.792	0.012	33025	0.24	113
متانول Methanol	3	323.3*	0.651**	0.588 **	9.056 **	0.193 **	203615**	19.8 **	71031**
رقم × متانول Cultivar× Methanol	3	23.28^{ns}	0.045 ^{ns}	0.0059^{ns}	0.167 ^{ns}	0.0159 ^{ns}	91560**	4.36**	6520**
خطای b Error b	18	9.44	0.0229	0.0075	0.736	0.009	13596	0.51	75
ضریب تغییرات (CV%)		7.87	12.1	6.18	7.46	5.83	6.08	9.21	12.6

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

*, **: significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; ns: means non-significant



شکل ۲- اثر سطوح مختلف متانول بر ارتفاع بوته کلزا

Figure 2- Effect of methanol levels on plant height

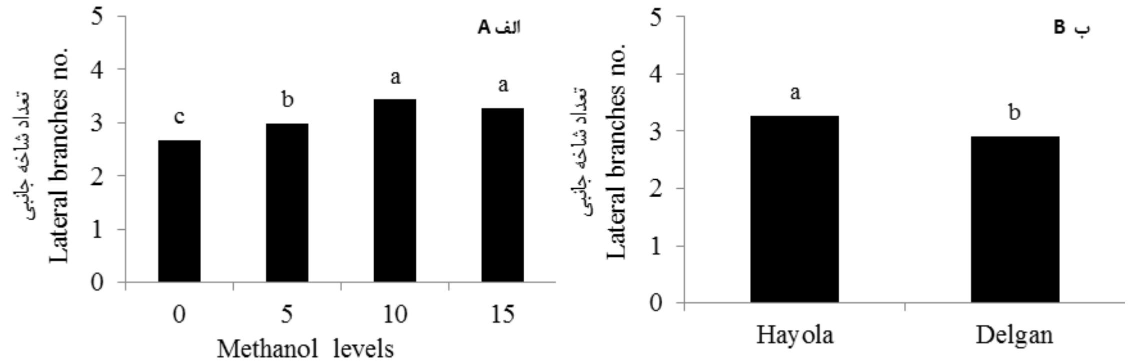
ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Column with same letter are not significantly different.

تعداد شاخه جانبی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده اثر محلول‌پاشی متانول و همچنین رقم بر تعداد شاخه جانبی کلزا در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین تعداد شاخه جانبی در تیمار شاهد مشاهده شد و با محلول‌پاشی ۱۰ درصد متانول تعداد شاخه جانبی حدود ۲۸ درصد افزایش یافت و به بیشترین میزان رسید، با این وجود از نظر تعداد شاخه جانبی بین تیمار محلول‌پاشی ۱۰ و ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳- الف). ارقام مورد مطالعه نیز ازنظر تعداد شاخه جانبی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند و بیشترین تعداد شاخه جانبی در رقم هایولا ۴۰۱ مشاهده شد که تقریباً ۱۲ درصد بیشتر از رقم دلگان بود (شکل ۳- ب). با افزایش غلظت متانول تا سطح ۱۰ درصد حجمی تعداد شاخه جانبی به‌صورت معنی‌داری افزایش و پس‌ازآن کاهش یافت. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کردند که متانول می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های رشدی

گیاهان مختلف شود. نتایج حسین‌زاده و همکـاران (Hoseinzadeh *et al*., 2011) نیز نشان داد که محلول‌پاشی متـانول بـا غلظـت ۳۰ درصد باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های جـانبی در گیـاه نخـود (*Cicer arietinum* L.) شد.



شکل ۳- اثر سطوح مختلف متانول (الف) و ارقام مختلف کلزا (ب) بر تعداد شاخه جانبی در بوته

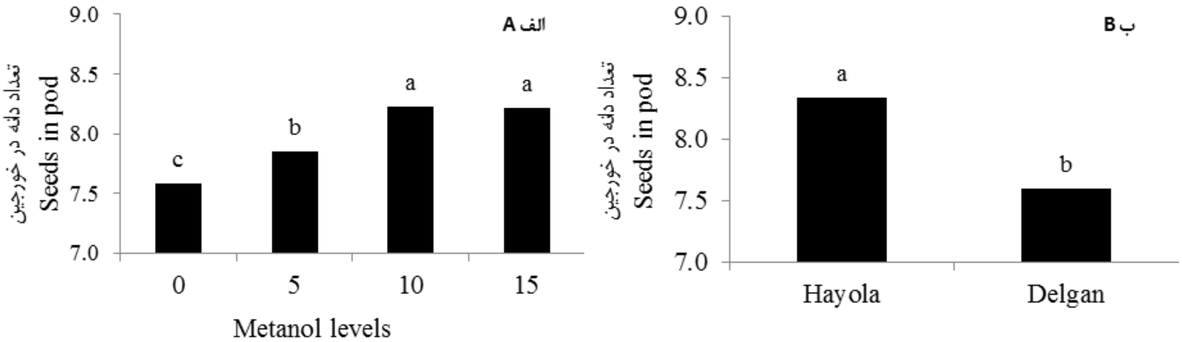
Figure 3- Effect of methanol application (a) and canola cultivars (b) on number of lateral branches

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Column with same letter are not significantly different.

تعداد دانه در خورجین

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده اثـر تیمـار محلـول‌پاشـی متـانول و همچنین رقم بر تعداد دانه در خـورجین کلـزا در سـطح پـنج درصـد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمتـرین تعـداد دانـه در خـورجین در تیمـار شاهد و بیشترین تعداد دانه در خـورجین در تیمـار محلـول‌پاشـی ۱۰ درصد متانول اندازه‌گیری شد که تقریباً ۸ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. ازنظر تعداد دانه در خورجین بین تیمـار محلـول‌پاشـی ۱۰ و ۱۵ درصد اخـتلاف معنـی‌داری مشـاهده نشـد (شـکل ۴- الـف). ارقـام موردمطالعه ازنظر تعداد دانه در خورجین اختلاف معنـی‌داری بـا هـم داشتند و بیشترین تعداد دانه در خورجین در رقم هایولا ۴۰۱ مشاهده شد که تقریباً ۹ درصد بیشتر از رقم دلگـان بـود (شـکل ۴- ب). بـا افزایش غلظت متانول تـا سـطح ۱۰ درصـد حجمـی تعـداد دانـه در خورجین بـه‌صـورت معنـی‌داری افـزایش و پـس از آن ثابـت مانـد. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کردنـد کـه متـانول مـی‌توانـد باعـث افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد دانـه در بوتـه گیـاه نخـود شـود (Ehyaee *et al*., 2011) شود. نتایج مطالعه‌ای که روی گیـاه مـاش (*Vigna radiate* L.) انجام شد نشان داد که بیشترین تعداد دانـه در غلاف و بیشترین شاخص برداشت در شرایط محلول‌پاشی متانول بـا غلظــت ۳۰ درصــد حجمــی و بیشــترین عملکــرد دانــه در تیمــار محلول‌پاشی متانول با غلظت ۲۰ درصـد مشـاهده شـد (Aslani *et al*., 2011).



شکل ٤- اثر سطوح مختلف متانول (الف) و ارقام مختلف کلزا (ب) بر میانگین تعداد دانه در خورجین

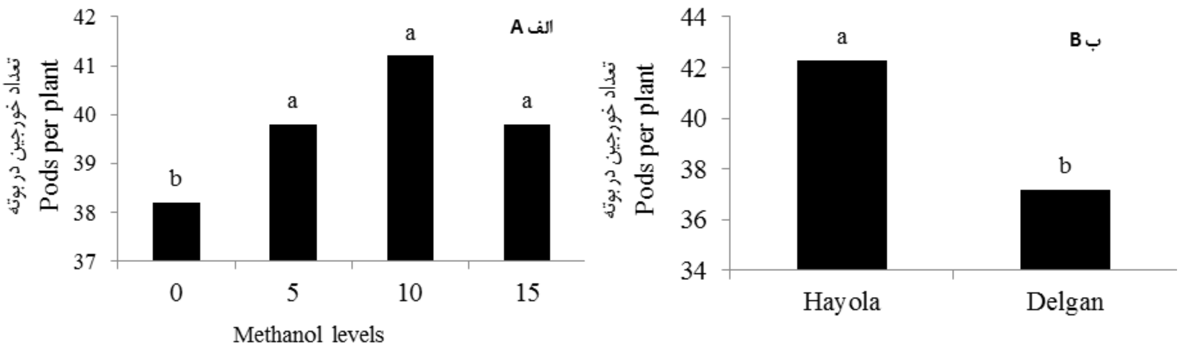
Figure 4- Effect of methanol application (a) and canola cultivars (b) on number of seed per pod

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Column with same letter are not significantly different.

تعداد خورجین در بوته

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده اثـر تیمارهـای آزمایشـی و همچنـین رقم بر تعداد خورجین در بوته کلزا در سطح پنج درصـد معنـی‌دار بـود (جدول ۲). بیشترین تعداد خورجین در بوته در تیمار محلول‌پاشـی ۱۰ درصد متانول و کمترین تعداد خورجین در بوته در تیمار شاهد مشاهده شد. ازنظر تعداد خورجین در بوته بین تیمارهای محلول‌پاشی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی هـر سـه تیمـار مـورد اشاره با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند و در بهترین تیمار تعـداد بوته در خورجین در مقایسه با شـاهد حـدود ۸ درصـد افـزایش یافـت (شکل ۵- الف). ارقام مـورد مطالعـه ازنظـر تعـداد خـورجین در بوتـه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشـتند و بیشـترین تعـداد خـورجین در بوته در رقم هایولا ۴۰۱ مشاهده شد که تقریباً ۱۴ درصد بیشتر از رقم دلگان بود (شکل ۵- ب). با افزایش غلظت متانول تا سطح ۱۰ درصد تعداد خورجین در بوته به‌صورت معنی‌داری افزایش و پـس‌ازآن رونـد کاهشـی مشـاهده شـد. در ایـن راسـتا میرآخـوری و همکـاران (Mirakhori *et al*., 2011) گزارش کردند که محلول‌پاشـی متـانول اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد شـاخه در بوتـه و درصـد پـروتئین لوبیـا قرمـز (*Phaseolus vulgaris* L.) داشت.



شکل ۵- اثر سطوح مختلف متانول (الف) و ارقام مختلف کلزا (ب) بر میانگین تعداد خورجین در بوته

Figure 5- Effect of methanol application (a) and canola cultivars (b) on produced pods in plant

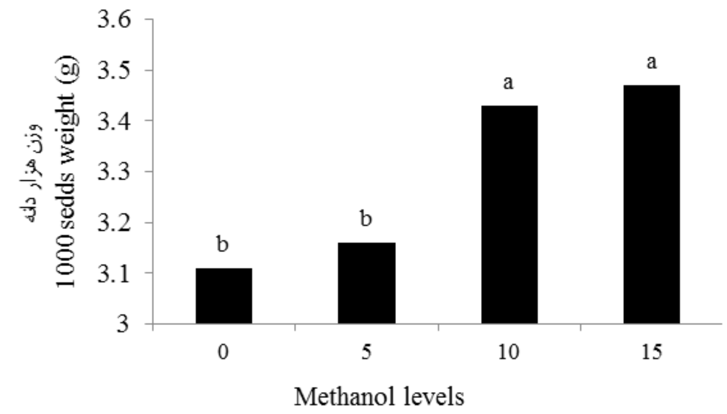
ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Column with same letter are not significantly different.

وزن هزار دانه

براساس نتایج به‌دست‌آمده فقط اثر تیمار محلول‌پاشی متـانول بـر وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بـود و ارقـام موردمطالعـه ازنظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جـدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه در تیمـار محلـول‌پاشـی ۱۵ درصـد متـانول و کمترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد مشاهده شد که بیانگر اخـتلاف ۱۲ درصدی بین دو تیمار است (شـکل ۶). محلـول‌پاشـی متـانول بـا غلظت ۵ درصد فقط باعث افزایش اندک وزن هزار دانه شد و در ایـن تیمار وزن هزار دانه با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشـت. بـاوجود این‌که ارقام مورد مطالعه ازنظر وزن هزار دانه اخـتلاف معنـی‌داری بـا یکدیگر نداشتند ولی وزن هزار دانه در رقم هایولا ۴۰۱ بیشتر بود.

نتایج مطالعه پژوهشگران دیگر نیز نشـان داد کـه محلـول‌پاشـی متانول باعث افزایش وزن صد دانه لوبیاچیتی در شرایط تنش متوسـط خشکی شد ولی در شرایط تنش شـدید خشـکی محلـول‌پاشـی تـأثیر معنی‌داری بر وزن دانه نداشت (Emartpardaz *et al*., 2015). تنش خشکی از طریق تأثیر بر صـفات فیزیولوژیـک گیـاه همچـون سـطح برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و سرعت فتوسـنتز باعـث کـاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف و ازجمله کلزا می‌شود و هـر عاملی که اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهـد مـی‌توانـد باعـث جلوگیری از افت عملکرد شود. به نظر می‌رسد کـه کـاربرد متـانول از طریق تأثیر بر ویژگی‌های متفاوت گیاه همچون بهبـود فرآینـد جـذب عناصر، ظرفیت فتوسنتزی گیاه باعث می‌شود که تولید ماده خشک در گیاه و به دنبال آن اجزای عملکرد ازجمله وزن دانه بهبود یابد. گزارش شده است که کاربرد متانول میزان جذب عناصر نیتـروژن و فسـفر در گیاه توتون (*Nicotiana tabacum* L.) افـزایش یابـد (Sabokrow Foomany, *et al*., 2011).



شکل ٦- اثر سطوح مختلف محلول‌پاشی متانول بر وزن هزار دانه کلزا

Figure 6- Effects of methanol application on 1000 seeds weight

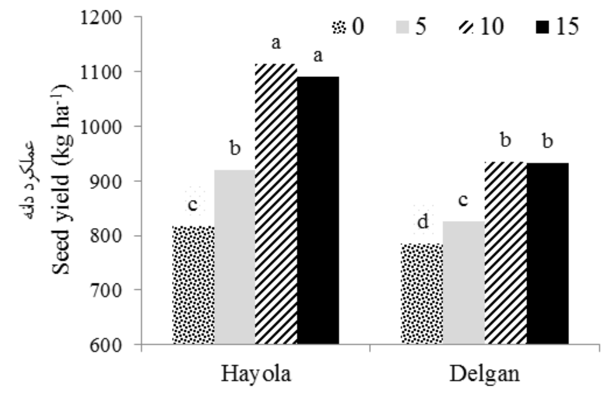
ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Column with same letter are not significantly different.

عملکرد دانه

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده اثر تیمارهای محلول‌پاشی متانول، رقم و همچنین برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه کلزا در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در رقم هایولا ۴۰۱ و در شرایط محلول‌پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد مشاهده شد. درحالی‌که کمترین عملکرد دانه در رقم دلگان و در شرایط عدم محلول‌پاشی (شاهد) مشاهده شد (شکل ۷). اگرچه در هر دو رقم مورد مطالعه بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی متانول ۱۰ درصد و کمترین میزان عملکرد در تیمار شاهد دیده شد، با این‌حال در رقم هایولا ۴۰۱ حداکثر افزایش عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد ۳۶ درصد بود در حالی‌که در رقم دلگان حداکثر افزایش عملکرد در مقایسه با شاهد حدود ۲۴ درصد بود. میرآخوری و همکاران در نتیجه پژوهش خود بیان کردند عملکرد دانه لوبیا قرمز در تیمار ۲۰ درصد متانول دارای بیشترین مقدار بوده ولی با افزایش مقدار متانول از ۳۰ درصد به ۳۵ درصد حجمی کاهش پیداکرده است به‌طوری‌که حتی از عملکرد دانه تیمار شاهد هم کمتر شد که دلیل این کاهش به اثر سمی متانول در غلظت‌های بالا نسبت داده می‌شود (Mirakhori *et al*., 2011). نتایج این پژوهشگران با یافته‌های تحقیق حاضر همخوانی دارد زیرا با افزایش محلول‌پاشی متانول از ۱۰ به ۱۵ درصد عملکرد دانه کلزا کاهش پیدا کرد.

در آزمایشی با مطالعه تأثیر متانول بر گیاه سویا مشخص شد که محلول‌پاشی متانول با ۲۵ درصد حجمی بیشترین اثر را در رشد و افزایش عملکرد سویا داشت (Li *et al*., 1995). عملکرد دانه، وزن دانه‌ها و تعداد غلاف در بوته‌هایی از کلزا که با متانول تیمار شده بودند، به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت، نتایج این تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی متانول ۲۰ درصد حجمی، بیشترین اثر مثبت را بر رشد و افزایش عملکرد کلزا داشت (Zbieć *et al*., 2003).



شکل ۷- اثر متقابل ارقام کلزا و سطوح مختلف محلول‌پاشی متانول بر عملکرد دانه

Figure 7- Interaction of methanol application and canola cultivars on seed yield

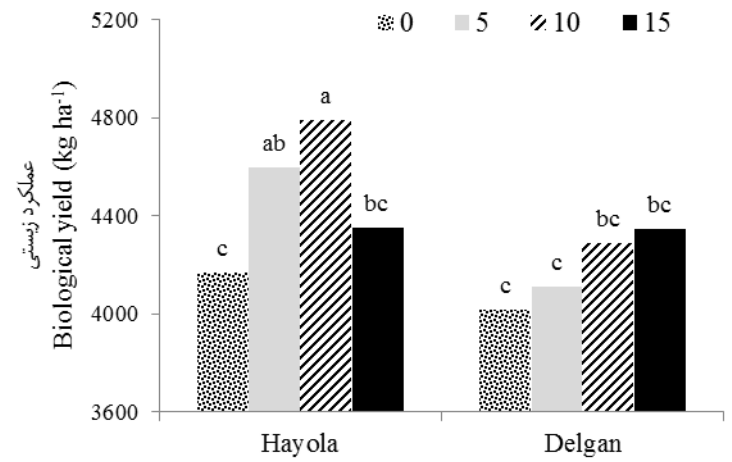
ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Column with same letter are not significantly different.

عملکرد زیستی

بر اساس نتایج بـه‌دسـت‌آمـده اثـر تیمارهـای آزمایشـی، رقـم و همچنین برهمکنش آن‌ها بر عملکرد زیستی کلزا در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد زیستی در رقم هایولا ۴۰۱ و در شرایط محلول‌پاشی متانول بـا غلظـت ۱۰ درصـد مشـاهده شـد درحـالی‌کـه کمترین عملکرد زیستی در رقم دلگان و در شرایط عدم محلول‌پاشـی (شاهد) اندازه‌گیری شد (شـکل ۸). در رقـم هـایولا بیشـترین میـزان عملکرد زیستی در شرایط کاربرد ۱۰ درصد متانول مشـاهده شـد کـه حدود ۱۵ درصد بیشتر از تیمار شـاهد بـود در حـالی‌کـه رقـم دلگـان واکنش کمتری به کاربرد متانول نشان داد و حداکثر افزایش عملکـرد زیستی در این رقم (در اثر کاربرد متانول) حدود ۸ درصد بود. نادعلی و همکاران (Nadali *et al*., 2016) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی با متانول باعث افزایش وزن برگ و ریشه‌های تولیـدی در چغندرقنـد (*Beta vulgaris* L.) شد بااین‌حال بیشترین میزان وزن برگ و ریشه در تیمار محلول‌پاشی با غلظت هفت درصد مشاهده شـد و در سـطوح بالاتر به‌تدریج عملکرد برگ و ریشه چغندرقند کـاهش یافـت کـه بـا نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش حاضر مشابه است.

طبق گزارش (Nonomura and Benson, 1992) متانول باعث افزایش مقاومت گیاهان سه‌کربنـه مختلـف در مقابـل تـنش خشـکی می‌شود. علاوه بر این متانول در گیاهان محلول‌پاشـی شـده خاصـیت خنک‌کنندگی داشته و گیاه را در مقابل افزایش درجه حرارت محافظت می‌کند. افزایش مقدار کلروفیل در برگ گیاه با اکسیداسیون متانول در ارتباط است. وقتی بوته‌ها در شرایط کمبود آب و افزایش درجه حرارت قرار گیرند با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش درون برگی روبه‌رو می‌شوند در این صورت متانول به‌عنوان یک منبع کربنی می‌تواند باعث افزایش کلروفیـل و در نهایـت وزن خشـک گیـاه شـود (Ramberg *et al*., 2002). با این وجود نتایج برخی از پژوهش‌ها هنوز دلیل قطعی بـرای اثرات مثبت متانول پیدا نکرده‌اند و گزارش کرده‌اند که محلـول‌پاشـی متانول تأثیری بر میزان کلروفیل گیاه و یا میزان فتوسنتز ندارد (Li *et al*.,1995). گزارش شده است کـه محلـول‌پاشـی متـانول در شـرایط کمبود آب باعث شد تولید و زیست‌توده گیاه توتون بـه دلیـل کـاهش نیاز آبی گیـاه بهبـود یابـد (Sabokrow Foomany, *et al*., 2011). افزایش عملکرد زیستی کلزای دیم در شرایط کاربرد متانول بیانگر این است که بخشی از اثرات منفی ناشـی از کمبـود آب در شـرایط دیـم توسط محلول‌پاشی متانول جبران شده است. با این‌حال هماننـد سـایر صفات مورد بررسی، بین عملکرد زیستی و غلظت متانول محلول‌پاشی شده رابطه خطی وجود نداشت و با افزایش غلظت متـانول بـه‌تـدریج اثرات مثبت کمتری مشاهده شد.



شکل ۸- اثر متقابل ارقام کلزا و سطوح مختلف محلول‌پاشی متانول بر عملکرد زیستی

Figure 8- Interaction of methanol application and canola cultivars on biological yield

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Column with same letter are not significantly different.

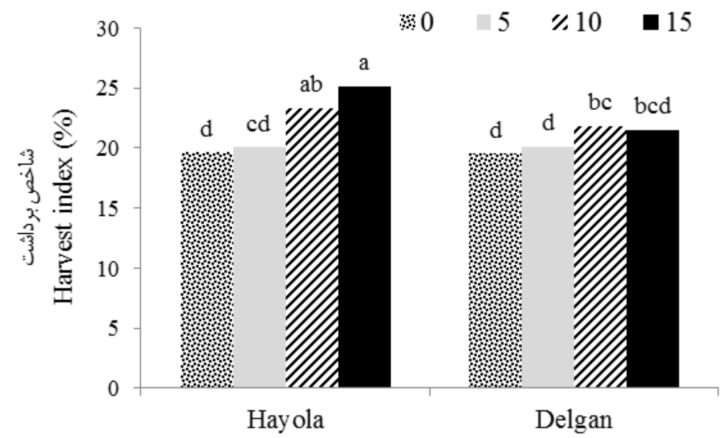
شاخص برداشت

بر اساس نتایج بـه‌دسـت‌آمـده اثـر تیمارهـای آزمایشـی، رقـم و همچنین برهمکنش آن‌ها بر شـاخص برداشـت کلـزا، در سـطح پـنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان شاخص برداشت (۲۵/۱ درصد) در رقم هایولا ۴۰۱ و در شرایط محلول‌پاشی متانول با غلظت ۱۵ درصـد مشاهده شد. درحالی‌که کمترین میزان شاخص برداشت (۱۹/۵ درصد) در رقم دلگان و در شرایط عدم محلول‌پاشی (شاهد) مشاهده شد که با شاخص برداشت همین رقم در تیمار محلـول‌پاشـی ۵ و ۱۵ درصـد و

همچنین شاخص برداشت رقم هایولا ۴۰۱ در تیمار محلول‌پاشی ۵ درصد و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۹).

اصلانی و همکاران (Aslani *et al*., 2011) نیز با بررسی اثر متانول بر روی گیاه ماش به اثرات مثبت کاربرد متانول بر میزان شاخص برداشت اشاره کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت بااین‌حال این پژوهشگران بیشترین شاخص برداشت را در شرایط محلول‌پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد مشاهده کردند.

گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول در برخی از گیاهان سه کربنه موجب افزایش سرعت رشد و شاخص برداشت گیاهان زراعی فاریاب در مناطق خشک می‌شود (Nonomura and Benson, 1992). با این‌وجود ازآنجاکه شاخص برداشت معیاری از نسبت وزن دانه به کل گیاه است، افزایش شاخص برداشت لزوماً امری مثبت نیست بلکه در برخی موارد افزایش شاخص برداشت به دلیل کاهش عملکرد زیستی است. ارقامی که شاخص برداشت بالاتری دارند سهم بیشتری از فرآورده‌های فتوسنتزی را به دانه‌ها اختصاص داده و چنانچه شاخص برداشت بالاتر ناشی از افزایش عملکرد دانه باشد تغییرات مثبت آن حائز اهمیت بیشتری خواهد بود.



شکل ۹- اثر متقابل ارقام کلزا و سطوح مختلف محلول‌پاشی متانول بر شاخص برداشت دانه

Figure 9- Interaction of methanol application and canola cultivars on seed harvest index

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Column with same letter are not significantly different.

نتیجه‌گیری

هرچند هر سه سطح استفاده از متانول باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد شد بااین‌حال بیشترین اثرات مثبت در تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ درصد مشاهده شد و در غلظت بالاتر به دلیل اثرات سمیت احتمالی تا حدودی از اثرات مثبت محلول‌پاشی متانول کاسته شد؛ بنابراین حداکثر غلظت قابل توصیه برای کاربرد متانول ۱۰ درصد حجمی است. رقم هایولا ۴۰۱ در مقایسه با رقم دلگان در شرایط اقلیمی منطقه موردمطالعه در کلیه صفات بررسی‌شده برتری داشت و با توجه به عملکرد بیشتر دانه اولویت کاشت با این رقم است. عملکرد هر دو رقم مورد مطالعه در اثر محلول‌پاشی ۱۰ درصد متانول به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت با این وجود اثرات مثبت کاربرد متانول در رقم هایولا ۴۰۱ به میزان قابل توجهی بیشتر از رقم دلگان بود.

References

1. Abanda-Nkpwatt, D., Müsch, M., Tschiersch, J., Boettner, M., and Schwab, W. 2006. Molecular interaction between *Methylobacterium extorquens* and seedlings: growth promotion, methanol consumption, and localization of the methanol emission site. Journal of Experimental Botany 57 (15): 4025-4032.
2. Aslani, A., Vishekaei, M. N. S., Farzi, M., Niyaki, S. A. N., and Paskiabi, M. J. 2011. Effects of foliar application of methanol on growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.) in Rasht, Iran. African Journal of Agricultural Research 6 (15): 3603-3608.
3. Emartpardaz, J., Hami, A., and Kazemnia, H. 2015. Effect of foliar application of methanol in water stress condition on yield components of *Phaseolus vulgaris* L. Agricultural Science and Sustainable Production Science 25: 125-137. (in Persian with English abstract).
4. Galbally, I. E., and Kirstine, W. 2002. The production of methanol by flowering plants and the global cycle of

methanol. Journal of Atmospheric Chemistry 43 (3): 195-229.
5. Hanson, A. D., and Roje, S. 2001. One-carbon metabolism in higher plants. Annual Review of Plant Biology 52 (1): 119-137.
6. Hosseinzadeh, S. R., Salimi, A., and Ganjeali, A. 2011. Effects of foliar application of methanol on morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Science 4: 139-150. (in Persian with English abstract).
7. Ivanova, E. G., Doronina, N. V., and Trotsenko, Y. A. 2001. Aerobic methylobacteria are capable of synthesizing auxins. Microbiology 70 (4): 392-397.
8. Li, Y., Gupta, G., Joshi, J. M., and Siyumbano, A. K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. Journal of Plant Nutrition 18 (9): 1875-1880.
9. Makhdum, I. M., Nawaz, A., Shabab, M., Ahmad. F., and Illahi, F. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. Journal of Research (Science) 13: 37-43.
10. Mirakhori, M., Paknejad, F., Ardakani, M., Moradi, F., Nazeri, P., and Nasri, M. 2011. Effect of methanol spraying on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.). Agroecology 2 (2): 236-244. (in Persian with English abstract).
11. Mirakhori, M., Paknejad, F., Vazan, S., Nazeri, P., Reihani, Y., and Mortezapoor, H. 2010. Effect of methanol foliar application on yield and yield components of red bean. 11th Iranian Crop Science Congress. Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (in Persian).
12. Muchow, R. C., Sinclair, T. R. and Bennett, J. M. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. Agronomy Journal 82 (2): 338-343.
13. Nadali, I., Yarnia, M., Paknezhad, F., and Farahvash, F. 2016. Study of some qualititative and quantitative traits of sugar beet in response to foliar application of methanol and drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences 8 (2): 169-187. (in Persian with English abstract).
14. Nonomura, A. M., and Benson, A. A. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proceedings of the National Academy of Sciences 89 (20): 9794-9798.
15. Ramberg, H., and Bradley, J. 2002. The role of methanol in promoting plant growth: an update. Plant Biochemistry and Biotechnology 1: 113-126.
16. Ramírez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jiménez, E., Mercado, A., and Peña-Cortés, H. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of arabidopsis, tobacco, and tomato plants. Journal of Plant Growth Regulation 25 (1): 30-44.
17. Rowe, R. N., Farr, D. J., and Richards, B. A. J. 1994. Effects of foliar and root applications of methanol or ethanol on the growth of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 22 (3): 335-337.
18. Sabokrow Foomany, K., Safarzadeh, M. N., Daneshian, J., Ranjbar Choobeh, N., and Sabokrow Foomany, K. 2011. Studing the effect of time and values of methanol foliation on quality and quantity yield flue-cured tobacco of cocker 347 type in Ahmadgurab region of Rasht. Journal of Plan Production 18 (3): 17-30. (in Persian with English abstract).
19. Taherabadi, S., Parsa, M., and Nezami, A. 2015. Effects of irrigation and foliar application of methanol on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences 7 (2): 273-276. (in Persian with English abstract).
20. Zbieć, I., Karczmarczyk, S., and Podsiadło, C. 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 6 (1): 1-7.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 3, Fall. 2018, p. 629-640

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۶۴۰-۶۲۹

Effects of Foliar Application of Methanol on Yield and Yield Components of Two Cultivars of Canola (*Brassica napus* L.) under Rainfed Conditions

K. Ahmadi[1]- M. Rostami[2*]- S. R. Hosseinzadeh[3]

Received: 08-12-2017
Accepted: 26-06-2018

Introduction

Canola (*Brassica napus* L.) is an annual plant of the Brassicaceae or Cruciferae family and is regarded as an important oil seed crop in the world. Water deficiency is one of the most limiting factors for plant growth and production in dry regions. The positive effects of methanol application on growth and yield of C_3 plants under drought stress are well documented. Methanol can rapidly metabolize to water and CO_2 in plant tissues and can affect dry matter accumulation by decreasing photorespiration. The foliar application of methanol also can stimulate the methyltrophic bacteria, indirectly. Methyltrophic bacteria usually live on plant leaves and consume some of the methanol on the leaves and affect plant growth via the production of different plant growth regulators such as auxin and cytokine.

Materials and Methods

To evaluate the effects of foliar application of methanol on yield and morpho-physiological characteristics of rapeseed cultivars under rainfed conditions a split plot experiment was conducted based on randomized complete block design (RCBD) with four replications. Experimental treatments were two cultivars of canola (Hayola 401 and Delgan) and four levels of methanol foliar application (control, 5, 10 and 15% of volume), respectively. In the stage of stem elongation, foliar application of methanol repeated 2 times with 10 days interval. At maturity, the plant height and number of lateral branches were measured. At the end of growth season, the plants were harvested by hand-cutting at the soil surface and subsequently, the number of pod per plant, number of seed per pod, 1000 seed weight, seed yield and aboveground biological yield of canola were determined.

Results and Discussion

The results showed that the effects of experimental treatments on plant height and numbers of lateral branches were significant. There was no significant different between cultivars for 1000 seed weight. For all of the studied traits Hayola 401 was better than Delgan cultivar. The highest amounts of 1000 seed weight, pod number per plant, seed number per pod, number of lateral branches and plant height were observed in treatment with 10% methanol. According to the results, the effect of experimental treatments and also the interaction of these treatments on the seed yield, biological yield and also harvest index were significant. The highest and lowest seed yield were observed in Hayola 401 cultivar treated with 10% methanol (1114 kg ha^{-1}) and Delgan cultivar in the control condition (785 kg ha^{-1}), respectively.

1- Former MSc. Student of Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Science, Malayer University, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Malayer University, Iran
3- Lecturer, Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran
(*- Corresponding Author Email: Majidrostami7@yahoo.com)

Conclusions

For all of the studied traits, the performance of Hayola 401 cultivar was better than Delgan cultivar. Although foliar application of methanol has positive effects on studied traits but the relationship between the dose of application and observed response was not linear and the highest amounts of seed yield, number of pod per plant, number of seed per pod, number of produced lateral branches and plant height were obtained in 10% (V/V) methanol. Therefore, application of methanol in concentrations higher than 10% is not recommendable.

Keywords: Biological yield, Crops, Drought stress, Harvest index